ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Brühl, Volker

Article

Künstliche Intelligenz: Wo stehen wir in Deutschland?

Wirtschaftsdienst

Suggested Citation: Brühl, Volker (2023) : Künstliche Intelligenz: Wo stehen wir in Deutschland?, Wirtschaftsdienst, ISSN 1613-978X, Sciendo, Warsaw, Vol. 103, Iss. 8, pp. 521-524, https://doi.org/10.2478/wd-2023-0150

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/280023

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

DOI: 10.2478/wd-2023-0150

sciendo

Wirtschaftsdienst, 2023, 103(8), 521-524
JEL: O30, O40

Volker Brühl

Künstliche Intelligenz – wo stehen wir in Deutschland?

Kaum eine Technologie wird derzeit so kontrovers diskutiert wie Künstliche Intelligenz (KI). Dabei gibt es sehr unterschiedliche Perspektiven auf das, was man eigentlich unter KI versteht. Sehr allgemein kann man unter KI Systeme, Maschinen oder Instrumente verstehen, die in der Lage sind, Aufgaben zu erfüllen, die eigentlich menschliche Intelligenz erfordern (Russel und Nordvig, 2021). Intelligente Assistenten können Informationen aus der Umwelt aufnehmen, verarbeiten, Aktionen ausführen und aus den entstehenden Wirkungen lernen, sodass die Performance des Systems schrittweise optimiert wird. Bekannte Beispiele stammen aus der industriellen Robotik in lernenden Fabriken (Smart Factory) oder in der Service Robotik (Medizin, Pflege, Sicherheit, Smart Home), bei denen KI physisch z. B. durch intelligent gesteuerte Montagearbeiten oder gar durch einen humanoiden Aufbau des Roboters erlebbar werden. In vielen anderen Bereichen begegnen uns KI-Anwendungen eher virtuell, etwa bei der Nutzung digitaler Assistenten, Suchmaschinen, Bild- oder Spracherkennungsanwendungen oder in den Bereichen Cyber Security, Betrugserkennung oder beim (teil)autonomen Fahren. Vor allem Fortschritte in den Methoden des Maschinellen Lernens in Verbindung mit der Entwicklung immer leistungsfähigerer grafischer Prozessoren (GPU) haben in den vergangenen Jahren das Spektrum von KI-basierten Systemen erweitert und deren Performance massiv verbessert. Dies verdeutlichen auch die seit einigen Monaten im Fokus stehenden sogenannten GAI (Generative Artificial Intelligence) Systeme, wie der inzwischen sehr bekannte Chatbot ChatGPT, der seit seiner Erstveröffentlichung im November 2022 einen Schub in der KI-Diskussion nicht nur hierzulande ausgelöst hat (Brühl, 2023; Cao et al., 2023). GAI-Anwendungen können Texte, Bilder, Videos oder Computer Code selbst als Response auf die Eingaben der Nutzer:innen erzeugen. Die immer besser werdende Qualität des jeweiligen Outputs ist eine Folge der stark steigenden Leistungsfähigkeit solcher Systeme. GAI-Anwendungen basieren häufig auf sogenannten Large Language Models (LLM), die auf sehr leistungsfähigen neuronalen Netzen basieren. Diese werden auf der Basis von riesigen Textdatenmengen trainiert, sodass diese die Syntax und Semantik von Texten lernen, Assoziationen und Zusammenhänge erkennen und eigenständige Schlussfolgerungen ziehen können. Interessant ist, dass die bekannten großen Technologie-Konzerne (BigTech), wie Alphabet (Google), Meta (Facebook), Microsoft, Amazon und Apple, diese gerade entstehenden Märkte für GAI-Anwendungen bereits zu dominieren beginnen. So wurde ChatGPT sowie das dazu gehörige LLM (GPT-3) von OpenAI entwickelt, an dem Microsoft beteiligt ist. Google hat das Konkurrenzprodukt Bard veröffentlicht. Auch die anderen großen Technologie-Konzerne arbeiten an ähnlichen Lösungen. Kritische Marktbeobachter:innen befürchten, dass deutsche und europäische Technologieunternehmen einmal mehr den Anschluss an die US-amerikanischen Tech-Giganten verlieren könnten.

Auch wenn KI ein weites Feld ist und die Wachstumsprognosen gerade in einem noch recht jungen Markt mit großen Unsicherheiten behaftet sind, gehen die meisten Marktbeobachter:innen von einem enormen Wachstum der KI-Märkte in den kommenden Jahren aus. KI hat das Potenzial, die Wettbewerbsfähigkeit von deutschen Unternehmen in zahlreichen Sektoren und damit letztlich auch die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft insgesamt zu beeinflussen.

KI-Forschung in Deutschland

Es stellt sich die Frage, wie Deutschland eigentlich im internationalen Vergleich dasteht. Dazu haben wir die Forschungsproduktivität bei KI untersucht, um herauszufinden, wie deutsche KI-Forschung im internationalen Vergleich positioniert ist. Grundlage für unsere Analyse ist die Publikationsdatenbank DBLP, die mit Unterstützung der Universität Würzburg entsprechende Auswertungen ermöglicht. Wir haben ein Ranking der KI-Forscher:innen gemessen an der über alle Kategorien (unter anderem Natural Language Processing, Machine Learning, Problem Solving, Cognitive AI, Knowledge Representation,

Prof. Dr. Volker Brühl ist Geschäftsführer am Center for Financial Studies an der Goethe-Universität in Frankfurt am Main.

© Der/die Autor:in 2023. Open Access: Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht (creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de).

Open Access wird durch die ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft gefördert.

Uncertainty, Computer Vision, Robotics) aggregierten Zahl der Publikationen erstellt. Rankings der Forschenden nach den unterschiedlichen KI-Segmenten haben wir ebenfalls erstellt, aber an dieser Stelle nicht veröffentlicht, da es hier nicht um die individuelle Exzellenz der Forscher:innen auf einem spezifischen Gebiet, sondern vielmehr um einen Indikator für die Forschungsproduktivität im Bereich KI insgesamt geht. Eine wünschenswerte Differenzierung der jeweiligen Publikationen z. B. nach Zitierhäufigkeit oder wissenschaftlicher Qualität der jeweiligen Zeitschrift/Konferenz wurde wegen der fehlenden Daten nicht vorgenommen. Abbildung 1 zeigt, dass US-amerikanische Autor:innen dieses Ranking gemessen an der Zahl der wissenschaftlichen KI-Publikationen oder Konferenzbeiträge für den Zeitraum 2013 bis 2022 deutlich anführen. Deutsche Forscher:innen liegen hinter chinesischen Autor:innen jedoch bereits auf Rang drei. Man kann also festhalten, dass die deutsche KI-Forschung auch international eine Spitzenposition einnimmt.

Überträgt man diese Auswertung auf die Universitäten, an denen die jeweiligen Forscher:innen tätig oder mit denen diese assoziiert sind, ergibt sich ein verändertes Bild (vgl. Tabelle 1). Denn die Forschenden kommen vor allem an den Spitzeninstituten aus sehr unterschiedlichen Ländern. Es ist zu berücksichtigen, dass in Deutschland bei KI-Forschung sehr bedeutsame Institutionen, wie insbesondere das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) mit seinen unterschiedlichen Standorten oder auch Fraunhofer-Institute, die ebenfalls hochkarätige Forschung mit KI-Bezug betreiben, namentlich hier nicht auftauchen, da die Forscher:innen über ihre jeweiligen Universitäten erfasst werden.

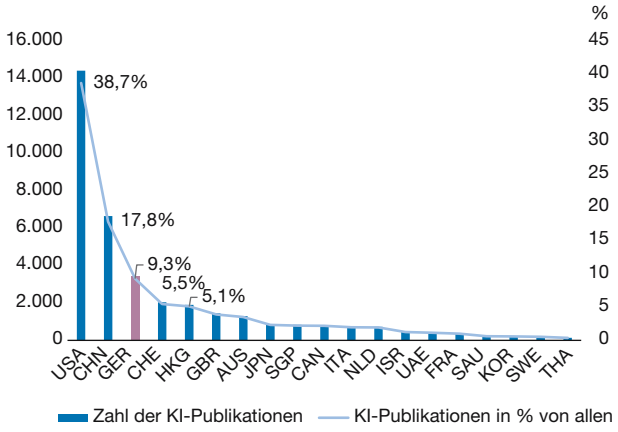
Es zeigt sich, dass unter den Top 10 mit Carnegie-Mellon, Stanford, MIT, Berkeley, University of Illinois und UCLA gleich sechs US-amerikanische Universitäten zu finden sind, gefolgt von drei Universitäten aus China bzw. Hong Kong. Einzig die ETH Zürich befindet sich als europäische Universität in der absoluten Spitzengruppe. Aber unter den Top-50-Universitäten für KI findet man gleich mehrere deutsche Hochschulen, wie die TU Darmstadt, die TU München, das KIT, Bonn, Nürnberg, Saarbrücken (MPI) und Tübingen (MPI). Wenn man unterstellt, dass exzellente Forschung in der Regel auch mit einer hervorragenden fachspezifischen Ausbildung nicht nur von wissenschaftlichem Nachwuchs, sondern auch für die berufliche Qualifizierung einhergeht, so ist Deutschland mit seinen Instituten auch hier sehr gut aufgestellt.

KI-Start-ups

Der Schritt von erfolgreicher Forschung hin zu praktischen Anwendungen ist gemeinhin eine Herausforderung,

Abbildung 1

Anzahl der KI-Publikationen[1] nach Nationalität der Forschenden, 2013 bis 2022



[1] Wissenschaftliche Publikationen und Konferenzbeiträge über alle KI-Segmente hinweg (unter anderem Natural Language Processing, Machine Learning, Problem Solving, Cognitive AI, Knowledge Representation, Uncertainty, Computer Vision, Robotics).

Quelle: eigene Berechnungen, https://airankings.professor-x.de/, Universität Würzburg.

die im Technologiesektor traditionell US-amerikanischen Gründer:innen besonders gut gelingt. Dies belegen nicht zuletzt die großen Technologiekonzerne wie Alphabet, Amazon, Meta, Microsoft oder Apple, die oftmals im Umfeld der US-amerikanischen Spitzenuniversitäten gegründet worden sind und ihren Nachwuchs häufig von diesen Hochschulen rekrutieren. Hier hängt nicht nur Deutschland, sondern die EU insgesamt hinterher. Dies belegt exemplarisch die Aufstellung der jährlich vom Marktforschungsinstitut CB Insights (2022) gekürten Top-100-KI-Start-ups. Diese Liste basiert auf einem komplexen Scoring-Modell, in das zahlreiche Faktoren, wie etwa Innovativität, Marktpotenzial, Alleinstellungsmerkmal, Kompetenz/Track-Record des Teams und Patente, einfließen. Es sei erwähnt, dass es neben der hier zitierten Auswahl natürlich auch andere Listen von erfolgversprechenden KI-Start-ups gibt, die alle auf unterschiedlichen Kriterien und zum Teil auch subjektiven Einschätzungen der jeweiligen Marktanalysten beruhen. Daher gehen wir auf einzelne Unternehmen nicht ein. Es geht vielmehr um eine Indikation für die geografische Verteilung von KI-Start-ups, denen man eine gewisse Erfolgswahrscheinlichkeit zuordnet. Innerhalb der Top-100 wird keine Reihenfolge gebildet. Für das Jahr 2022 ergibt sich das folgende Bild (vgl. Abbildung 2).

Allein 73 der im Jahr 2022 ausgewählten KI-Start-ups kommen aus den USA, gefolgt von Großbritannien (8), Kanada (5) und Israel (4). Bei den Anwendungsfeldern halten sich Entwicklungs-Tools, industriespezifische und industrieübergreifende Applikationen in etwa die Waa-

Tabelle 1

Führende Institutionen im Bereich KI

Anzahl der Publikationen 2013 bis 2022

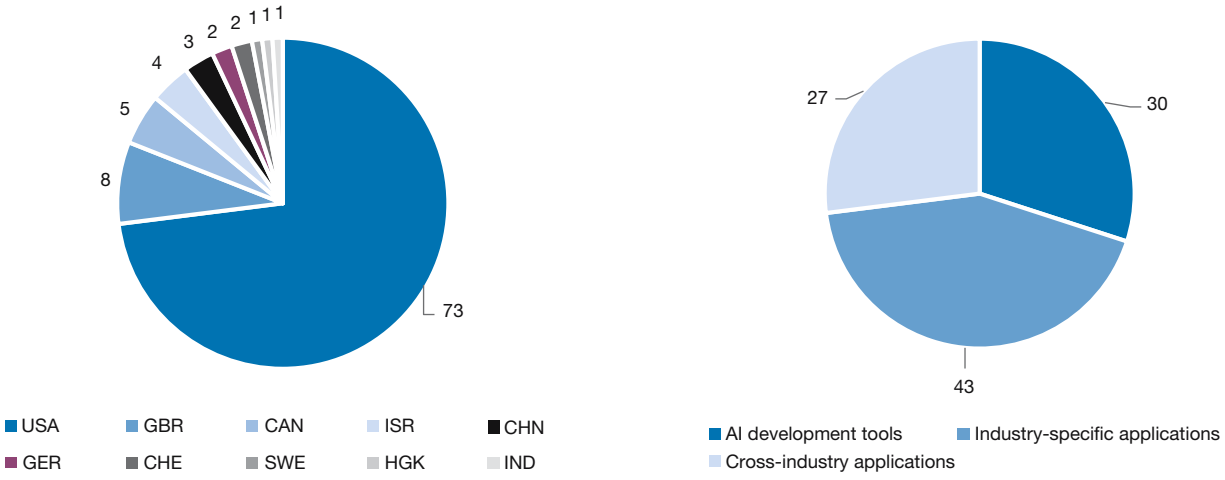
Rang	Institution	Land	KI-Publikationen (2013-2022)	KI-Publikationen in %	Kumulativ in %
1	Carnegie Mellon University	USA	1.544	5,5	5,5
2	ETH Zürich	CHE	1.509	5,4	10,8
3	U.C. Berkeley	USA	1.482	5,3	16,1
4	Stanford University	USA	1.287	4,6	20,7
5	Tsinghua University	CHN	1.227	4,4	25,0
6	University of Illinois	USA	1.196	4,2	29,3
7	MIT	USA	992	3,5	32,8
8	The Chinese University of Hong Kong	HGK	842	3,0	35,8
9	UCLA	USA	762	2,7	38,5
10	Shanghai Jiao Tong University	CHN	731	2,6	41,1
11	University of Texas	USA	727	2,6	43,6
12	University of Sydney	AUS	644	2,3	45,9
13	**TU München**	GER	634	2,2	48,2
14	University of Science and Technology of China	CHN	619	2,2	50,4
15	Institute of Computing Techonology, CAS	CHN	611	2,2	52,5
16	University of Oxford	GBR	603	2,1	54,7
17	University of Pennsylvania	USA	597	2,1	56,8
18	**TU Darmstadt**	GER	585	2,1	58,9
19	Italian Institute of Technology (IIT)	ITA	530	1,9	60,8
20	The University of Tokyo	JPN	502	1,8	62,5
21	University of Washington	USA	501	1,8	64,3
22	University of Amsterdam	NLD	464	1,6	66,0
23	Arizona State University	USA	453	1,6	67,6
24	Harvard University	USA	441	1,6	69,1
25	Nanyang Technological University, Singapore	SGP	439	1,6	70,7
26	Zayed University of Artificial Intelligence	UAE	426	1,5	72,2
27	Zhejiang University	CHN	399	1,4	73,6
28	University of Maryland	USA	383	1,4	75,0
29	Michigan State University	USA	380	1,3	76,3
30	**TU Nürnberg**	GER	374	1,3	77,7
31	Inria - Institut national de recherche en informatique et en automatique	FRA	373	1,3	79,0
32	Graduate School at the University of Tokyo	JPN	371	1,3	80,3
33	École polytechnique fédérale de Lausanne	CHE	365	1,3	81,6
34	National University of Singapore	SGP	361	1,3	82,9
35	**Max Planck Institute for Informatics Saarbrücken**	GER	356	1,3	84,1
36	University of Toronto	CAN	342	1,2	85,4
37	Texas A&M University	USA	333	1,2	86,5
38	**Universität Bonn**	GER	328	1,2	87,7
39	**Max Planck Institute for Intelligent Systems Tübingen**	GER	308	1,1	88,8
40	Ben-Gurion University	ISR	306	1,1	89,9
41	**Karlsruher Institut für Technologie (KIT)**	GER	300	1,1	90,9
42	University of Montreal	CAN	300	1,1	92,0
43	Hong Kong University of Science and Technology	HGK	290	1,0	93,0
44	Loughborough University	GBR	290	1,0	94,1
45	Sun Yat-Sen University	CHN	289	1,0	95,1
46	University of Adelaide	AUS	284	1,0	96,1
47	University of California at Merced	USA	280	1,0	97,1
48	Peking University	CHN	276	1,0	98,1
49	Nanjing University	CHN	275	1,0	99,0
50	Beijing Academy of Artificial Intelligence	CHN	269	1,0	100,0
	Anzahl der Publikationen gesamt		28.180		

Quelle: eigene Berechnungen, https://airankings.professor-x.de/, Universität Würzburg.

Abbildung 2

Verteilung der Top-100 KI-Start-ups, 2022

Anzahl der Publikationen 2013 bis 2022



Quelle: CBInsights 2023, eigene Berechnungen.

ge. Nur zwei der Top-100-Unternehmen kommen aus Deutschland.

Fazit

Es besteht also eine deutliche Diskrepanz zwischen der Forschungsproduktivität deutscher KI-Wissenschaftler:innen sowie der Qualität der universitären Einrichtungen einerseits und den (erfolgreichen) Unternehmensgründungen auf diesem Gebiet andererseits. Die möglichen Gründe für diese Beobachtung können vielfältig sein. Viele Spitzenforscher:innen mögen eine Tätigkeit in der Forschung bevorzugen oder ihre berufliche Perspektive eher in einem größeren bereits etablierten Unternehmen suchen und somit die hohen Risiken einer Unternehmensgründung meiden. Manche Beobachter:innen machen das Fehlen von Risikokapital (Venture Capital) dafür verantwortlich. Andere Stimmen sehen einen Mangel an Pioniergeist in der jungen Generation, dem man etwa durch entsprechende Bildungsangebote in Schulen oder durch Studiengänge wie Entrepreneurship an den Hochschulen begegnen müsste. Vielleicht müssen wir in Deutschland und Europa stärker in Clustern denken, in denen Forschung, Gründungen und industrielle Kooperationen leichter gedeihen als in einem fragmentierten, dezentralen System wie wir es hier in Deutschland pflegen.

Literatur

Brühl, V. (2023), Generative Artificial Intelligence (GAI) – foundations, use cases and economic potential, 19. Juli, *Center for Financial Studies Working Paper*, 713, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4515593 (28. Juli 2023).

Cao, Y., S. Li, Y. Liu, Z. Yan, Y. Dai, P. S. Yu und L. Sun (2023), A comprehensive survey of ai-generated content (aigc): A history of generative ai from gan to chatgpt, *arXiv*, preprint arXiv:2303.04226.

CB Insights (2022), The most promising artificial intelligence startups of 2022, *Top 100 AI Startups*, 17. Mai.

Russel, S. J. und P. Nordvig (2021), *Artificial Intelligence – A Modern Approach*, 4. Aufl., Pearson.

Title: *Artificial Intelligence – Where Do We Stand in Germany?*

Abstract: *Artificial Intelligence (AI) is widely regarded as a technology which will impact the future competitiveness of the German economy. Looking at the research productivity of German scientists and universities in AI, we find that Germany definitively belongs to the top performers in AI research globally, although the United States and China are somewhat ahead. This is not surprising taking into account the sheer size of their talent pools. Furthermore, the majority of promising AI startups are based in the United States, while Germany is clearly underrepresented in the group of excellent AI startups given Germany's excellence in AI research. Hence, it is obviously more challenging for Germany to translate research excellence into successful entrepreneurship.*